

EMULGEÁTOROK ÉS ÉLELMISZERIPARI ALKALMAZÁSUK

EMULSIFIER IN FOOD INDUSTRY

KOVÁCS Erzsébet T.

SZTE SZÉF ÉLELMISZERTUDOMÁNYI TANSZÉK

ABSTRACT

Surface-active agents are used in food processing when a decrease in surface tension is required, e.g. in production and stabilization of all kinds of dispersions. Emulsions are made and stabilized with the aid of a suitable tenside, usually called an emulsifier. Its activity is based on its molecular structure: they have a hydrophobic part and hydrophilic part. The foods are very difficult hydrocolloid systems. If we used emulsifiers in these systems, different kind of interaction should occur between the components of food and emulsifiers.

The most important interactions can be the following: protein-emulsifier, carbohydrate-emulsifier and lipid-emulsifier. Protein-emulsifier interactions can be: hydrophobic bonds, hydrogen bridge and electrostatic interactions. The interactions depend on the amino acid components of the protein. Starch consists of two types of carbohydrate, amylose and amylopectin. The amylose is in the position to form starch inclusion compounds, so called complex with suitable ligands. The other possibility of interaction with the ligands is to form a hydrogen bridge with the amylopectin. Interactions between emulsifiers and lipids can be mainly hydrophobic interaction and they can be interesting in crystal modification.

1. BEVEZETÉS

Felületaktív anyagokat használnak az élelmiszeriparban, amikor a felületi feszültséget kell csökkenteni, azaz mindenfajta diszperz rendszer előállításánál és stabilizálásánál: így emulziók, habok, aeroszolok és szuszpenziók (1. táblázat).

1. táblázat: Diszperz rendszerek (2.)

Típus	Diszpergált fázis (belső)	Diszperziós közeg (külső)
Emulzió	folyadék	folyadék
Hab	gáz	folyadék
Aeroszol	folyadék vagy oldat	gáz
Szuszpenzió	szilárd	folyadék

Minden esetben egy külső, folytonos diszperziós közeg elkülönül egy belső, diszkontinuus, diszperziós fázistól.

Az emulziók diszperz rendszerek, amelyek két egymásban nem vagy alig oldódó folyadékból állnak. Ha a külső fázis víz, a belső olaj, akkor o/v olaj a vízben emulzióról beszélünk. Ha fordított: a külső fázis az olaj, a belső a víz, akkor v/o víz az olajban emulzióról beszélünk. Ilyen emulziók: tej o/v, vaj v/o, majonéz o/v.

Az emulzió megjelenési képe a csepp átmérőjétől függ: 0,15-100 μm tartományban az emulzió tejszerű. A mikroemulziók, amelyek átmérője 0,0015-0,15 μm , ezzel szemben átlátszóak és stabilak, mivel a szedimentáció sebessége a részecskék átmérőjétől függ (2. táblázat, [2]).

Minden emulgeátor csak a belső fázis meghatározott mennyiségét képes diszpergálni, azaz egy meghatározott kapacitása van. Ha ezt a hatást túllépik, a külső fázis hígításával az emulzió összetörik. Az emulgeátorok kapacitása, az a koncentráció, amely az emulziót megszünteti, a hőmérséklet és más befolyásoló tényezők különbözőek és standard feltételek mellett mérhetők.

2. táblázat: Szedimentáció sebessége (v) és a részecskeátmérő összefüggése (d)

d (μm)	v (cm/24 óra)
0,02	$3,75 \times 10^{-4}$
0,2	$3,76 \times 10^{-2}$
2	3,76
20	$3,76 \times 10^2$
200	$3,76 \times 10^4$

2. EMULGEÁTOROK HATÁSA

Az emulziókat alkalmas felületaktív anyagok – emulgeátorok – segítségével állítják elő és stabilizálják (1, 2). Az emulgeátorok felépítését az 1. ábra mutatja.



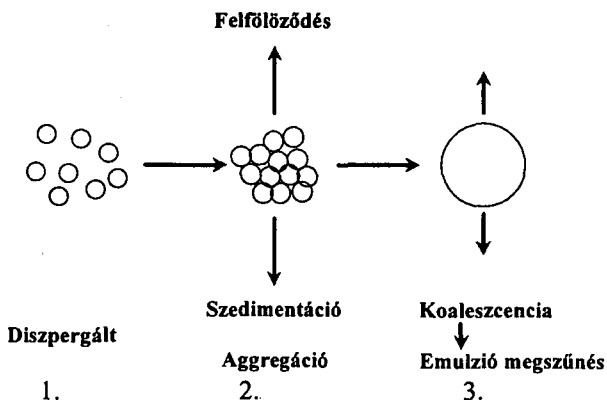
Hidrofil
"fej"

Hidrofób
"farok"

1. ábra: Emulgeátorok felépítése (Adams, 1991)

Hatásuk a molekulaszervezetükön alapul. A molekula egy hidrofób és hidrofil részből áll. A hidrofób része a molekulának az, amely nemvizes fázisban oldódik, és rendszerint egy hosszú szénláncú alkil maradék, míg a hidrofil rész vízben jól oldódik, amely egy disszociálabilis csoportból áll, illetve több hidroxil és poliglikol-étercsoportokból (1, 11, 12, 13, 14 és 15).

Nem elegyedő rendszerekben, mint olaj a vízben (o/v), az emulgeátorok a két fázis közötti határfelületen helyezkednek el és csökkentik a felületi feszültséget. Ezáltal már kis koncentrációban megkönnyítik az egyik fázisnak a másikban való finom eloszlását. Azonkívül az emulgeátorok védik a kialakult cseppeket az aggregációtól és a koaleszcenciától (a szemcse durvulásától). Az emulzió változásait a 2. ábra mutatja be.



1. A cseppek a folyamatos fázisban diszpergáltak.
2. A cseppek aggregálódnak. A részecske átmérő növekedése a felfölződés, illetve szedimentáció gyorsulásához vezet.
3. Koaleszcencia: az aggregálódott cseppecskék egy nagy cseppe olvadnak össze. Végül két folyamatos fázis képződik és az emulzió szétmegy (megszűnik).

2. ábra: Az emulzió változásai (Belitz,1992)

2.1 A legfontosabb emulgeátorok típusai

3. táblázat Emulgeátorok típusai (2)

1. Természetes eredetűek

Ionos: fehérjék, foszfolipidek (lecitin) epesavak

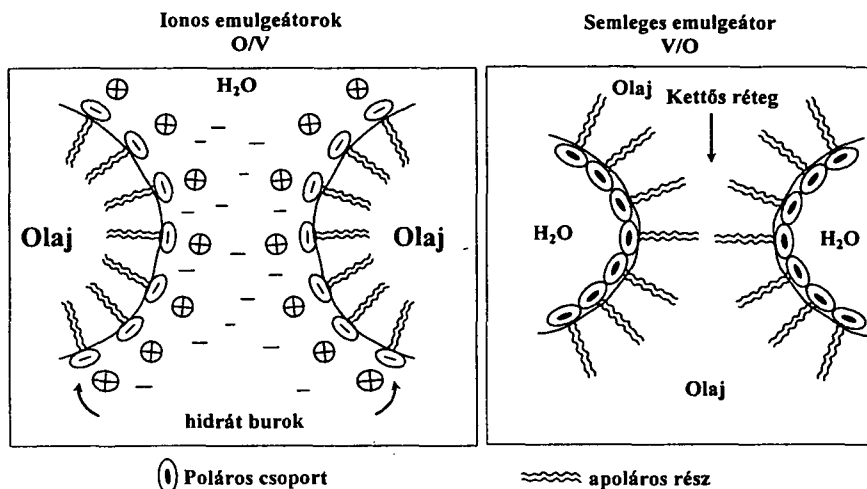
Nem ionos: glükolipidek, szaponin

2. Szintetikus eredetűek

Ionos: sztearil-2-laktilát

Nem ionos: mono- és digliceridek és ezek ecetsavval, borkősavval, tejsavval alkotott észterei, cukor-zsírsvészterek, szorbitán-zsírsvészterek, polioxi-etilén-zsírsvészterek.

Az ionos tenzidek az o/v emulziókat stabilizálják, a felületen az alkilrészek az olaj fázisban oldódnak, és a hidrofíli részek a vizes fázis felé orientálódnak. Az ellenionokkal egy kettős réteg alakul ki, amely a részecskék aggregációját meggátolja (3. ábra mutatja az emulziók stabilizáló hatását.).



3. ábra Emulgeátorok stabilizáló hatása (Belitz,1992)

A nemionos típusú (semleges) emulgeátorok úgy orientálódnak az olaj csepp felületén, hogy apoláros csoportjaik a vizes fázis felé irányulnak. Az o/v emulziók cseppjeinek koaleszcenciáját a többé-kevésbé bezárt hidrát burok is akadályozza, amelyet az emulgeátor poláros csoportjai alakítanak ki.

Egy v/o emulzió vízcseppjeinek koaleszcenciája feltételezi, hogy a vízmolekulák áttörése a hidrofób csoportok kettős rétegén át lehet. De ez csak akkor jöhet létre, ha a hidrofób kölcsönhatások felszakításához szükséges energiát megkapja a rendszer. Egy emulzió stabilitása növelhető olyan adalékokkal, amelyek a cseppek mozgását nehezítik. A hidrokolloidok ezen az alapon az o/v emulziókat, mivel a külső fázis viszkozitását növelik.

A hőmérséklet növekedése negatívan hat az emulzió stabilitására és az emulzió megtörésére a rázást, a felferést és a nyomást alkalmazzák (amely mechanikusan szétzúzza a filmet a felületen). További lehetőség a stabilitás csökkentésére, ionok hozzáadása, amellyel összerombolják az elektromos kettős réteget, illetve az emulgeátor megszüntetése parciális hidrolízissel.

2.2 Emulgeátorok jellemzése

Egy tenzid, relatíve erős hidrofób és gyenge hidrophil csoporttal, túlnyomórészt olajban oldódik és főleg a v/o emulziókat stabilizálja. Ugyanez igaz az ellentétes tenzidre és emulzió típusra. Ezen tapasztalatok alapján az emulgeátorok jellemzésére egy számszerű értéket fejlesztettek ki. Az emulgeátoroknál a hidrophil és hidrofób csoportok relatív erőssége, hatékonysága jellemezhető a HLB értékkel ("Hydrophilic-Lipophilic-Balance"). Ezt a dielektromos konstansokból vagy a felületaktív anyag kromatográfiás sajátásaiból lehet meghatározni. A polihidroxi-alkohol-zsírsvészterére a HLB érték számítása (2):

$$HLB = 20 \left(1 - \frac{V_z}{S_z} \right), \quad \text{ahol}$$

V_z = az emulgeátor elszappanosítási száma,

S_z = az elválasztott sav savszáma

A kísérletileg meghatározott csoportszámok alapján a HLB érték számolható az alábbi képlettel is:

$$HLB = \Sigma \text{hidrofil csoport} - \Sigma \text{hidrofób csoport} + 7.$$

A 4. táblázat mutatja, hogy az így számított értékek jól egyeznek a kísérletileg talált HLB értékekkel.

4. táblázat: Hidrofób és hidrofil csoportok értékei HLB érték számításához

Hidrofil csoport	N _H	Hidrofób csoport	N _L
- OSO ₃ ⁻ , Na ⁺	38,7		0,475
- SO ₃ ⁻ , Na ⁺	37,4		0,475
- COO ⁽⁻⁾ , Na ⁺	21,1		0,475
- COO ⁽⁻⁾ , K ⁺	19,1		0,475
- szorbitán gyűrű	6,8		0,15
- észter	2,4		
- COOH	2,1		
- OH (szabad)	1,9	benzolgyűrű	1,662
- O -	1,3		
- (CH ₂ - CH ₂ - O-)	0,33		

A HLB értékekből adódnak az első utalások azok felhasználására. De a részletes jellemzésre hiányoznak az adatok az irodalomban, főleg a lehetséges kölcsönhatások az emulgeátorok és az élelmiszerhidrokolloidok komponensei között. Így az emulgeátorok alkalmazása túlnyomórészt empirikus tapasztalatokon alapul.

5. táblázat Fontosabb emulgeátorok HLB értékei (2)

Vegyület	HLB (meghatározott)	HLB, (számított)
Olajsav	1,0	
Szorbitán-trisztearát	2,1	2,1
Lecitin	3,0	3,8
Sztearil-monoglicerid	3,4	
Szorbitán-monosztearát	8,6	
Szorbitán-monolaurát	9,8	
Zselatin	9,8	10
Lecitin (hidroxilált)	8,0 - 11,0	
Polioxietilén-szorbitán-trisztearát	10,5	
Metilcellulóze	10,5	15
Polioxietilén-szorbitán-monosztearát	14,9	
Polioxietilén-szorbitán-monoleát	15,0	
Na-oleát	18,0	
K-oleát	20,0	

6. táblázat HLB érték és alkalmazás összefüggése (2)

HLB-tartomány	Alkalmazás
3-6	v/o emulzió
7-9	nedvesítőszer
8-18	o/v emulzió
15-18	zavarosság gátló

3. EMULGEÁTOROK TERMELÉSE

A világon 150000-200000 t emulgeátort állítanak elő évenként. A mono- és digliceridek mennyisége 32 % és származékaik Datem 24 %-át teszik ki az összes felhasznált emulgeátornak. A lecitin és származékai 35 %-os aránya mellett 9 %-ban egyéb emulgeátorok is találhatók a kereskedelemben. A szintetikus emulgeátorokhoz egy sor nem ionos vegyület tartozik. Itt nem áll fenn az a veszély, mint az ionos vegyületeknél, hogy az élelmiszer komponenseivel sóot alkot, és ezáltal csökken a felületaktív hatás.

A természetes eredetű emulgeátorokat a zsírok glicerolizálásával, majd átészterezéssel állítják elő. A természetes emulgeátorok között fontosak a szója és tojás sárga feldolgozásán alapuló lecitin és lysolecitin származékok. Az emulgeátorok alkalmazását az egyes országokban jogi előírásokkal, különbözőképpen szabályozzák (13, 16, 17).

4. LEGFONTOSABB EMULGEÁTOROK (2,17.)

Mono és digliceridek és származékaik

A mono- és digliceridek keverékét alkalmazzák. Speciális hatás elérésére különböző észter származékot állítanak elő. Ezeknél a kiindulási vegyület sokféle reakció lehetőségei miatt igen különböző terméket kapunk. A fontosabb előállított emulgeátorokat a mono- és digliceridből a 7. táblázat mutatja be.

7. táblázat Emulgeátorok mono- és diglicerid keverékekből (2)

Fantázia név	Kereskedelmi név	Előállítás (Mono-és diglicerid keverékből)
Actem	E 472a	ecetsav anhidrid
Lactem	E 472b	tejsav
Citrem	E 472c	cirtomsav
Datem	E 472e	borkősav és ecetsav anhidrid

Tehát közöttük a különbség az észteresítő savakban van.

Cukorészterek

A zsírsavak (14:0; 16:0; 18:0 és/vagy 18:1 (9) metilésztereinek szacharózzal vagy laktózzal történő átészterezésével keletkeznek. A keletkező mono- és digliceridek íztelenek és szagtalanok és a szerkezetüktől függően a nagyobb HLB tartományt eredményezik, 7-13. Főleg o/v emulziók stabilizálására, illetve instant porok oldására alkalmazzák.

Szorbitán-zsírsavészter

A szorbitánzsírsavésztere Span' típusú emulgeátorként kerül forgalomba.Főleg v/o emulziók stabilizálására használják.

Polioxietilén-szorbitán-zsírsavészterek

A hidrofil sajátságok erősítése érdekében a szorbitánt hidrogénperoxiddal polioxietilén vegyületté alakítják és végül zsírsavval észteresítik. Főleg o/v emulziók stabilizálására alkalmasak.

Sztearil-2-laktilát

Ha a sztearinsavat tejsavval észteresítjük Na és Ca sók jelenlétében a sztearil-laktilátok keveréke keletkezik, amely főkomponense a sztearil-2-laktilát.

A szabad sav, mint v/o emulgeátor és a só pedig o/v emulgeátor alkalmas. A Na só HLB értéke 8,0-9,0 a Ca só esetében 6,0-7,0.




Foszfo és glükolipidek

Az összes növényi és állati szervezetben előfordulnak felületaktív anyagként előnyösek, mert hidrofil (foszforsav, N-bázis és szénhidrát), illetve hidrofób csoportokat (savmaradék, N-acil szfingozin) tartalmaznak. Ezért ezek micellákat és lamellákat alkotnak.

A lecitin HLB=3,0. Ha hidrolizálják, akkor lysolecitin keletkezik, amelyet hidrogén-peroxid jelenlétében tejsavval, borkősavval és citromsavval lehet kapcsolni. Ezen származékok HLB értéke 8,0-11,0 közötti.

5. EMULGEÁTOROK ÉS ÉLELMISZERKOMPONENSEK KÖZÖTTI KÖLCSONHATÁSOK

Az élelmiszerek komplex hidrokolloid rendszerek. Ha ezekben a rendszerekben emulgeátorokat alkalmazunk, különböző kölcsönhatások kialakulására van lehetőség az emulgeátor és az élelmiszerek komponensek között. A legfontosabb kölcsönhatások a következők lehetnek (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, és 15):

-  fehérje – emulgeátor,
-  szénhidrát – emulgeátor,
-  lipid - emulgeátor.

5.1 Fehérje-emulgeátor kölcsönhatások

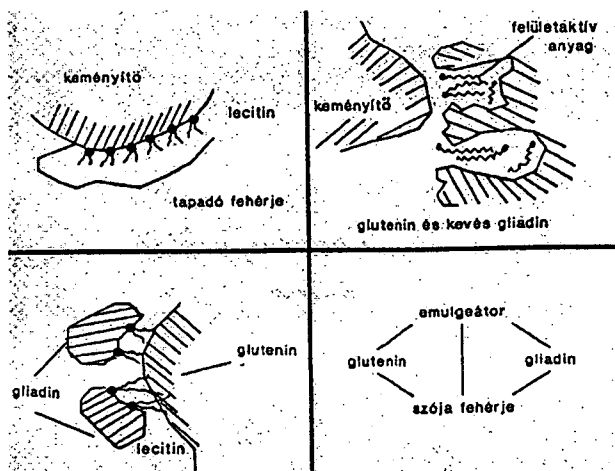
A fehérje-emulgeátor kölcsönhatások: hidrofób, hidrogén-híd és elektrosztatikus kölcsönhatások lehetnek. Ezek a kölcsönhatások a fehérje összetevő aminosav komponenseitől függenek. A lehetséges kölcsönhatásokat összefoglalóan a 8. táblázat mutatja be.

8. táblázat A lehetséges kölcsönhatások fehérje és emulgeátor között (15)

Kölcsönhatás típusa	Aminosav komponens	Energia kJ/mól
Hidrofób	Ala, Val, Leu, I-leu, Pro, Phe-Ala, Try, Met	3-19
Elektrosztatikus	Lyz, Ars, His, Asp, Glu	21
H-híd	Gly, Ser, Cys, Tyr, Asp, Glu	12-16

Néhány modellt az irodalom alapján ismerünk a fehérje-emulgeátor komplexről, amelyeket a 4. ábra mutat be.

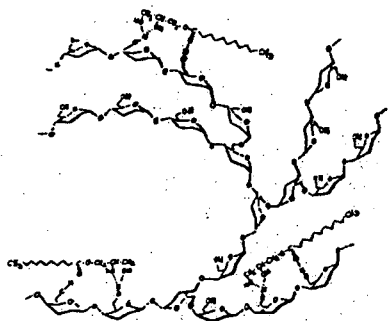
Az emulgeátor-fehérje kölcsönhatások segítenek a jobb szerkezet kialakításában az élelmiszer-rendszerekben. A szerkezet kialakításában nemcsak a sikerkepző gliadin, illetve glutenin komponensek vesznek részt, hanem a kis molekulatömegű, sóoldékony frakciók is részt vesznek.



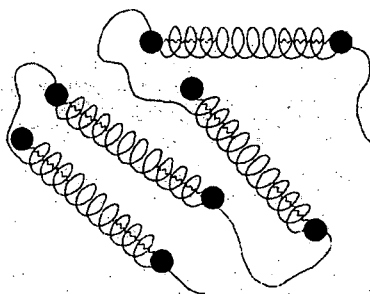
4. ábra Modellek a búzafehérje-emulgeátor komplexről (Schuster, 1984)

5.2 Emulgeátor-szénhidrát kölcsönhatások

A keményítő a szénhidrátok két típusát tartalmazza, az amilózból és az amilopektinből áll. Mindkettő glükóz egységből épül fel. A szénhidrát két frakciója közül az amilóz van abban a helyzetben, hogy zárvány vegyületet, úgynevezett komplexet alkosson alkalmas ligandummal. A komplex képződés elsősorban a geometriai formától, a szerkezettől függ, a hélix molekulától, a glükóz molekulák számától a hélix csavarmenetében. Az emulgeátor- szénhidrát kölcsönhatásokat a 5. és 6 ábrák mutatják be.



5. ábra: H-híd kölcsönhatás
(Schuster, 1984)



6. ábra: Amilóz-emulgeátor komplex
(Conde Petit, 1992)

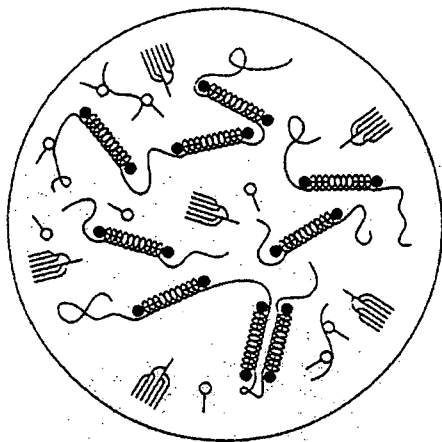
A kölcsönhatásra a másik lehetőség az amilo-pektinnel a H-híd kialakítása (3, 4 és 15). Ez a kölcsönhatás nagy ligandum koncentrációnál alakul ki, amikor az amilóz frakciót a ligandum már telíti. Az amilopektin kötődési kapacitása nagy, de ennek a kölcsönhatásnak a stabilitása kisebb, ha az amilóz komplexéhez viszonyítjuk.

Az élelmiszer rendszerek, a nyersanyagok tartalmaznak természetes eredetű lipid komponenst, illetve a feldolgozás során hozzáadott lipid komponenst, továbbá aroma anyagokat. A monogliceridek igen jó komplexképzők. A komplexképződés szempontjából ideális ligandumok az emulgeátorok. Ha az emulgeátor az amilózzal zárvány vegyületet hoz létre, csak a hidrofób része épül be a hélikus szerkezetbe, a hidrofób fej rész kívül marad. Ha a hélix csavarmenetenként 6 glükóz egységet tartalmaz, az amilóz igen stabil komplexet képez.

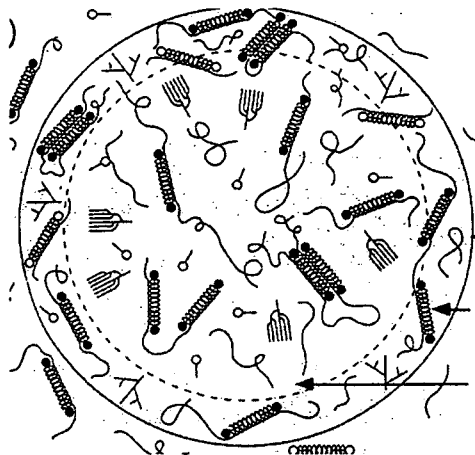
A glicerín-monosztearát, a sztearoil-laktól-laktilát, a polioxietolén-monosztearát és a lysolecitin jó komplexképző, míg a lecitin térbeli okokból nem tud komplexet képezni.

C. Cunin Dulvand (1995) egy sematikus modellt alkotott kettős hélix kialakulására magas hőmérsékleten szárított tésztatermékekben glicerín-monosztearát jelenlétében (4). A tészta belsejében kettős hélixek kialakulására van lehetőség. Az amilóz komplex vízben oldhatatlan. Az emulgeátorok megakadályozzák a keményítő retrogradációját, a kenyér öregedésénél fontosak, illetve a tészta ragacsosságát akadályozzák meg tésztaipari termékekben (11, 12 és 14). A modellt a 7. ábra mutatja.

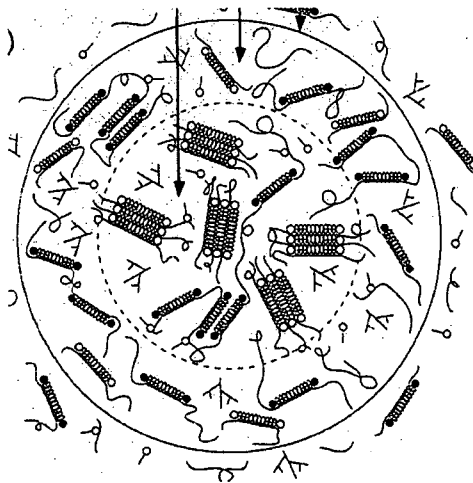
a) nyers tészta


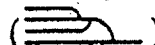


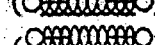

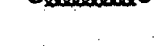
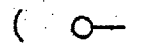




b) 15 perc főzés



c) túlfőzés esetében



- (): amilóz
- (): kristályos amilopektin
- (): amilóz-lipid komplex
- (): GMS-amilóz komplex I
- (): GMS-amilóz komplex II
- (): szabad GMS
- (): ((GMS-keményítő kölcsönhatás
- (): mAmorf amilopektin
- (): 7
- (): r

tészta szerkezeokről
(C. Cunin Dalvand, 1995)

5.3 Emulgeátor lipid kölcsönhatások

Emulgeátor-lipid kölcsönhatás főleg hidrofób lehet. Fontos szerepet játszik a kristályszerkezet kialakulásában, illetve a kristályszerkezet módosulásában.




A normál zsiradék polimorf: tehát több mint egy kristályos forma létezik. Ezek: α , β' és β formák. Általában, ha a zsiradékot megolvasztjuk és gyorsan lehűtjük, az α -formában kristályosodik. Mivel ezek a formának a legalacsonyabb az olvadáspontja a legkevésbé stabil, átalakul β' vagy β formában.

Az átkristályosodást lehet megakadályozni alkalmas emulgeátorral, amely módosítja a kristályosodást pl. szorbitán zsírsav észterrel. Szorbitán-trisztearátot alkalmaznak, hogy megakadályozzák a csokoládé felületen kiváló zsiradékot, illetve a csokoládé felületének a kifehéredését, ahogy az irodalomban ezt hívják érésnek.

Összegezve az elméleti ismereteket az élelmiszerekben az emulgeátorok jelenlétében egy emulgeátor-fehérje-lipid-szénhidrát komplex kialakulásával kell számolni (7, 8, 9 és 10). Az egyes kölcsönhatások mennyisége az adott minta komponenseitől és az emulgeátorok típusától függ.

5.4 Élelmiszerbiztonság

A szintetikusan előállított emulgeátoroknak a következő jellemzőkkel kell rendelkezni:

-  nagyfokú emészthetőség
-  semmilyen toxikus komponenseket nem szabad tartalmazniuk
-  megfelelni az élelmiszerbiztonsági előírásoknak.

A termelőknek meg kell adni az ADI értéket az emulgeátornak "Acceptable Daily Intake", mg/test kg. A kereskedelembe is kapható emulgeátorok ADI értéke 0-25 illetve 0-50 mg/kg testtömeg (17).

6. NÉHÁNY PÉLDA AZ EMULGEÁTOROK ÉLELMISZERIPARI ALKALMAZÁSÁRA

Az emulgeátorokat széles körben alkalmazzák az élelmiszeripar egyes ágazataiban. Az egyes iparágak közötti eloszlását a 6. ábra mutatja be és alkalmazási lehetőségeiket a 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat Emulgeátorok és alkalmazási lehetőségeik az élelmiszeriparban

Termék előállítás	Hatás
Margarin	v/o emulzió stabilizálása
Majonéz	o/v emulzió stabilizálása
Fagylalt	o/v emulzió stabilizálása, egy "száraz" konzisztencia előállítása
Vörös áru	Zsírkiválás megakadályozása
Kenyér, sütemény	Szerkezet javítása, térfogat növelés, keményítő retrogradációjának gátlása
Csokoládé	Reológiai tulajdonság javítása "zsír-érés" meggátlása
Instant porok	Oldás
Fűszer-extrakt	Oldás

IRODALOMJEGYZÉK

1. Adams, W., Funke, A., Göllitz, H. and Schuster, G.(1991): Wirksamkeit von Emulgatoren in Backwaren. *Getreide, Mehl und Brot*, 45, 12, 357-361.
2. Belitz, H. D. und Grosch, W.(1992): Lehrbuch der Lebensmittelchemie, *Springer Verlag, Berlin*
3. Conde-Petit, B.(1992): Interaktionen von Stärke mit Emulgatoren in wasserhaltigen Lebensmittel-Modellen. *Diss. ETH.Nr.9785, Zürich*
4. Cunin Dalvand, C.(1995): Investigations on starch and starch-emulsifier interactions in durum wheat pasta. *Diss. ETH. Nr. 11389, Zürich*
5. Frias, J., Kovács, E., Sotomayor, C., Hedley, C. and Vidal-Valverde, C.(1997): Processing pea for producing macaroni doughs. *Zeitschrift Untersuchung und Forschung*, 1, 20-24
6. Kovács, E. und Vámos, É.(1993): Veränderung in Proteinfractionen von mit und ohne Emulgatoren hergestellten Modellsystemen aus Weizenmehl. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.*, 84, 630-639.
7. Kovács, E. (1992): Felületaktiv anyagok hatásának vizsgálata száraztésztá modellrendszerekben. *MTA. Kandidatusi értekezés.*
8. Kovács, E. T. and Varga, J.(1995): Untersuchung der Teigqualität auf Kohlenhydratbasis. *Technica Molitoria*, 11, 1204-1211.
9. Kovács, E. T. and Varga, J.(1996): Use of emulsifier for developing pasta products non traditional basis. *Technica Molitoria*, 48, 2131 -13.4.
10. Kovács, E. and Varga, J.(1996): Production of macaroni dough from Leguminous materials. *Agry -Food Quality. An Interdisciplinary Approach. Edited by G. R. Fenwick, C. Hedley, and S. Knokhar.* 306-309. *The Royal Society of Chemistry Cambridge, CB44WF, UK.*

11. Mettler, E., Seibel, W., Eibaya, A. W. and Pfeilsticker, K.(1991a): Experimentelle Studien der Emulgator- und Hydrocolloidwirkungen zur Optimierung der funktionellen Eigenschaften von Weizenbrot.2. Getreide, *Mehl und Brot*, 45, 7, 206 -210.
12. Mettler, E., Seibel, W., Münzing, K., Fast, U. und Pfeilsticker, K.(1991b): Experimentelle Studien der Emulgator- und Hydrocolloidwirkungen zur Optimierung der funktionellen Eigenschaften von Weizenbrot, 45, 7, 273 - 279.
13. Meuser, F. (1979): Darstellung der chemischen und physikalischen Wirkungsweise von Emulgatoren. *Mühle und Mischfuttertechnik*, 38, 116, 515 - 520.
14. Schuster, G. und Adams, W. (1980): Emulgatoren als Zusatzstoffe für Lebensmittel. *Zeitschrift für Lebensmitteltechnologie und Verfahren*, 31, 6, 265 -271.
15. Schuster, G. (1984): Emulgator in Brot und Kleingebäck. *Zeitschrift für Untersuchung und Forschung*, 179, 190 -196.
16. Mollenhauer, H. P.(1983): Emulgatoren und Ihre Wirkung in Lebensmitteln, *Behr's Verlag, Hamburg*
17. Padley, F.B.(1997): Lipid Technologies and Application, *Marcel Dekker, Inc. New York, Basel, Hong Kong*